



# 动物生产层在草业系统的涵义

侯扶江, 徐 磊

(草地农业教育部工程研究中心 甘肃省西部草业工程技术研究中心 农业部草地农业生态系统学重点开放实验室  
甘肃省草原生态研究所 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**动物生产层是草业系统的传统构件和标志性组分,是草业系统核心生产力的表达途径,其发展水平是现代化农业的标准之一。它是多组分和多途径的耦合系统,具有多功能性,是可控的资源循环系统和可持续发展的生态农业系统。动物生产层在草业系统的科学内涵始终随着草业学科自身的发展、动物生产的进步和社会需求而不断充实和完善,它的功能多样性、集约性、耦合强度增加,虽然与植物生产的耦合途径单一化,但对于农户、地区、国家和人类的重要性增加。

**关键词:**草地农业生态系统;动物生产层;草业科学;系统耦合;农业多样性

**中图分类号:**S812

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-0629(2010)11-0121-06

\*1 草业系统包括前植物生产层(主要是景观)、植物生产层、动物生产层和后生物生产层(主要是动、植物产品的加工、流通等)。其中,动物生产层是草业系统物流与能流的中转站<sup>[1]</sup>,系统中的动物种类包括传统家畜,如牛、马、驴、猪、羊等;禽类,如鸡、鸭、鹅、鸵鸟、鹌鹑等;以及鱼类等水生动物、昆虫、两栖类等。动物生产层使用饲养的动物浓缩和提纯草业系统植物生产层的植物物质与能量,生产人类需要的动物产品和精神产品,同时维持自身与草业系统其他组分、乃至整个草地农业系统的健康<sup>[2]</sup>。动物生产与人类同时诞生、协同进化,是地球上最古老的生产活动之一<sup>[3-4]</sup>。它的发展和完善既是人类活动的结果,又加速了人类的进步。明确草业体系中动物生产层的科学内涵和产业地位,可以为草地农业系统设计和草业科学发展提供依据。

## 1 动物生产层的草业科学涵义

**1.1 草业系统的传统构件** 传统草原学的研究对象从植物生产向前溯推至前植物生产层,从动物生产向后延伸至外生物生产层,形成了现代草业科学及其所对应的草地农业系统<sup>[4]</sup>。动物生产层和植物生产层一样,都是草业系统的传统构件。

**1.2 草业系统的标志性组分** 草业、草业科学、草业系统<sup>[5]</sup>并不拘囿于草,动物生产层的客观

存在是根本原因。

**1.3 现代化农业的标准** 现阶段,农业现代化的标志之一就是动物生产在大农业中占主导地位<sup>[6]</sup>。新西兰畜牧业 GDP 占农业的 80%,英国和加拿大占 65%,美国和澳大利亚占 60%左右,法国和德国分别占 57%和 54%<sup>[7-9]</sup>,俄罗斯、捷克也在 50%以上,保加利亚和罗马尼亚为 45%左右<sup>[10]</sup>。总体上,农业现代化国家的动物生产比例为 50%~60%,甚至更高,现代化农业就是“有畜”农业<sup>[11]</sup>。

**1.4 草业系统核心生产力的表达途径** 尽管草业系统通过景观生产、植物生产、动物生产和动植物产品的加工、贮运为人类创造财富,但是对人类生存和发展具有根本作用的草业系统产品主要来自动物生产。畜产品是草业系统核心生产力的表现<sup>[11]</sup>。

**1.5 多组分的耦合系统** 至少是植物生产与家畜生产相耦合的系统,较其他生产系统拥有更高的农业多样性<sup>[12-13]</sup>。动物生产层使整个草业系

。 收稿日期:2010-01-14

基金项目:国家自然科学基金项目(30771529);“十一五”科技支撑项目(2009BAC53B04);公益性行业计划项目(200903060);甘肃省重大科技专项(092NKDA018)

作者简介:侯扶江(1971-),男,河南扶沟人,博导,教授。  
E-mail:cyhoufj@lzu.edu.cn

统具备更多的“耦合键”和开放的键位,丰富了系统结构和管理手段。

**1.6 多途径的耦合系统** 植物与家畜互作耦合途径多样,在空间上分为2类:植物生产与家畜生产同时发生在同一个农场系统中,农场内耦合,即综合生产系统;或在一定空间范围不同区域内分别开展植物生产和家畜生产,然后协作,即农场外耦合<sup>[14]</sup>,典型代表为内陆干旱区的山地—绿洲—荒漠耦合系统<sup>[15]</sup>。

**1.7 多功能系统** 至少具有生产和生态2种功能。动物生产以前的生产系统把90%左右的能量和物质用于自身的运转,动物生产层把其中10%的精华提炼与浓缩出来,固定在畜产品中;在此基础上,后生物生产层较少损失能量与物质,多是效益放大。如果动物生产层疏于管理,不仅生产力低下,而且会威胁食品安全,造成严重的环境污染,直接威胁人类健康<sup>[16-17]</sup>。

**1.8 可控的资源循环系统** 动物生产所涉及的植物和动物2个基本组分构成系统的营养级,形成完整的物质循环与能量流动通路,一个组分的产出常常是另一个组分的输入,作物秸秆、家畜粪便等废弃物得以循环利用,资源利用水平可以人为调控<sup>[18-19]</sup>。这种物质环路是生态农业、尤其是有机农业的精髓<sup>[20]</sup>。

**1.9 可持续的生态农业系统** 在草业系统中,动物生产层更容易与植物生产层或其他生产系统发生系统耦合,从而克服系统相悖、提升生态生产力。在生产系统应对各种干扰而发生波动时动物生产往往比植物生产具有较小的震荡幅度,成为农业系统的“安全阀”<sup>[11,21]</sup>,增强草业系统的稳定性。集约化的作物—家畜综合生产系统是当前世界生产水平最高和生态效益最好的动物生产系统之一<sup>[19]</sup>,成为各国农业结构调整的趋向。

## 2 草业科学中动物生产层涵义的发展

动物生产层的草业科学涵义和特征并非一成不变,它始终随着草业学科自身的发展、动物生产的进步和社会需求而不断充实和完善<sup>[11]</sup>。因为动物生产力是科技、资本、畜牧文明等综合国力的体现,所以动物生产层涵义的发生与发展较为完

整地展现于发展中国家和发达国家对于动物生产层理解的分异和趋同。

**2.1 功能多样性增加** 两层含义:一是指动物生产层的功能普遍增加;二是指某一类动物生产系统的功能多样化。

动物生产层的功能表现主要分为3个类型:生产功能,以生产畜产品(包括医药保健等功能食品)为唯一目的;生产与生态环境保护的双功能型,重视动物生产在物种保护、生态系统管理中的作用;生产、生态与精神文化多功能型,动物生产的功能已经拓展,由单一的食物生产向食物生产、物种保护、生态系统管理、狩猎运动、观光休闲、医药保健等综合功能拓展<sup>[4]</sup>;后两者也是传统的草业系统的前植物生产。一般随着社会发展水平的提高,对动物生产层的功能需求将趋向多样化(图1),但是现阶段生产功能是所有功能的基础。发达国家对于草业系统中动植物生产的比例有较为明确的数量要求,在此基础上,注重系统的多功能性,尤其是生态功能<sup>[22]</sup>。发展中国家更加关注物质生产力,甚至以牺牲环境为代价,满足对食物数量的需求。发展中国家与发达国家对于动物生产功能的分歧,原因在于所处历史阶段和面临的社会、经济、生态问题不同,包括动物生产在内的草业系统变革就是要解决这些问题。发达国家的草业生产水平已解决温饱,所以多强调环境的可持续性。发展中国家首先要解决吃饭问题,其次才是可持续性。然而,从单一的食物生产功能向食物生产、生态系统管理等综合功能拓展,是草业科学动物生产层不可逆转的发展方向。

图1 动物生产层的功能模式图

**2.2 集约性增加** 动物生产方式更加集约化。许多发展中国家,现阶段的集约化动物生产等同于专门化,贬抑放牧,哄扬舍饲<sup>[19,23]</sup>。而在发达国家,专门化的动物生产系统趋于衰落或向发展中国家转移,集约化的综合系统正在崛起,从舍饲回归放牧是重要特征<sup>[24-26]</sup>。动物生产层的总体发展趋势,发展中国家由粗放指向集约化,而且一些中等偏上的发展中国家正在由劳动力密集型向资本(含土地)密集型、技术密集型转变;发达国家动物生产的集约性已经抛弃了劳动力密集型,并且正在由资本和技术密集型向单一的技术密集型转变(图2),在这个过程中,管理的作用日益重要,一定程度上也可认作是管理密集型。虽然集约化的综合农业系统是全球农业系统发展的最新阶段,也是世界各国动物生产系统的演变方向<sup>[19]</sup>,但是在发展中国家,现阶段由于人口压力巨大、技术短缺和资金不足,尚需因地制宜,既搞专门化生产,也搞综合农业系统,实现跨越式发展<sup>[4,20]</sup>。

图2 动物生产层集约化模式图

**2.3 耦合强度增加** 动物生产层与草业系统内部其他生产层之间的纵向耦合,尤其与植物生产层,以及与其他生产系统的横向耦合强度均增强,表现为系统之间的物流与能流量增大<sup>[27]</sup>,主要因为动物生产层的系统开放性扩大、规模化程度提高和畜产品生产周期缩短。动物生产与植物生产的耦合增强趋势同时存在于发展中国家和发达国家,但耦合机制有本质区别。发达国家在人口与环境双重压力之下,通过放牧,甚至加强天然草地的放牧管理,植物生产与家畜生产的耦合

不断增强<sup>[4,28]</sup>,以解决专门化动物生产系统造成能源浪费和污染严重等问题<sup>[29]</sup>。美国甚至成立了专门的科研机构,搭建专门的学术交流平台以支持耦合系统的发展,如威斯康星国立大学1989年成立了作物—家畜综合农业系统中心,美国作物学会(CSSA)、农学会(ASA)与土壤学会(SSSA)的联合年会连续设有作物—家畜综合农业系统专题,*Agronomy Journal* 辟有综合农业系统专栏。发展中国家主要依赖栽培草地发展舍饲,天然草地放牧日渐式微<sup>[30]</sup>。

图3 植物生产与动物生产的耦合途径

**2.4 耦合途径单一化** 以往,动物生产层与植物生产层的耦合途径丰富多样(图3):①天然草地放牧;②栽培草地放牧、割草或两者兼有;③天然林地放牧(林牧复合系统);④林地种植作物(含饲料作物),放牧、割草舍饲家畜或作物收获后茬地放牧(农林牧复合系统);⑤粮食作物和经济作物茬地放牧,作物因自然或市场灾害而放弃收获后放牧;⑥作物籽实、块茎饲喂家畜,多用作补饲;⑦家畜厩肥返还作物地和农林牧复合系统;⑧家畜为作物生产提供畜力;⑨畜产品(作为食品或生产资料等)支撑作物生产或天然草地。这种复杂的耦合机制至少有以下优点:1)提高了动物生产层的多样性,增加了冗余度和稳定性;2)通过家畜放牧,天然草地系统与作物生产系统耦合;3)物质在植物生产与动物生产之间双向循环;4)管理方式多样化;5)为动物生产层创造更多的与其他系统耦合的机会;6)产品的输出较少受地域和时间限制。这种系统常常是历史磨合的产物,主要缺点是管理复杂和系统对资金、管理、技术等各种投

入延迟响应。当前,以舍饲为基础的草畜耦合途径趋于简单,主要表现为家畜专门化系统的扩展,“以粮为纲”的农业系统更是把草畜相悖发展到了极至<sup>[11]</sup>。虽然简化了管理程序,加快了生产节奏,满足了规模化大生产的需要,但是也产生了一系列问题:1)物质和能量从植物生产向动物生产单向流动,增加环境风险;2)系统的生产力和稳定性高度依赖于管理、资金、物资和技术投入;3)作物生产与天然草地的联系被切断;4)环境灾难与食品安全隐患。

**2.5 重要性增加** 动物生产壮大体现了农户了农户、地区和国家的综合实力,它对草业科学和社会的重要性增加,发展中国家尤其如此。一般,农牧民拥有的家畜数量与其收入有着较为直接的关系<sup>[31-32]</sup>(图 4)。根据统计资料<sup>[33]</sup>,农村动物生产

水平与农牧民收入极显著正相关( $P<0.001$ ),人均动物产值增加 1 元,农民人均收入也相应提高 1 元(图 5)。对于我国 31 个省(市、自治区)的分析表明,动物产值与 GDP 总量极显著正相关(图 6)。全世界、美国和中国,GDP 总量随肉类产量呈指数增长(图 7),抽样全球 16 个国家,其中发展中国家与发达国家各半,通过分析 1990—2007 年 GDP 与肉类产量的关系,发达国家中美国、澳大利亚、新西兰和所有发展中国家均表现出指数上升的趋势,发展中国家里巴西、阿根廷等中等接近发达国家水平的国家相关系数呈下降趋势。“二战”前日本的畜牧业只占农业 GDP 的 0.5%,日本经济腾飞时期,畜牧业产值在大农业生产中的比重直线上升(图 8)。这些都说明,动物生产大发展是一个国家迈进富裕之门不可绕避的门槛。

图 4 甘肃省环县大梁洼村家畜饲养与动物生产收入的关系

图 5 我国 31 个省(市、自治区)农村人均动物生产总值与农民人均收入的关系(2007 年)

图 6 我国 31 个省(市、自治区)动物生产与 GDP 的关系(2007 年)

图 7 世界、中国和美国肉类产量与 GDP 的关系

图8 日本经济腾飞时期畜牧业占  
农业GDP的比例

### 3 讨论

草业系统的动物生产既是人类进步的动力,也是人类文明的成果。动物生产对于全球农业系统的稳定、进化的作用也愈来愈重要。现阶段主要问题在于生产力提升与环境污染加重之间的矛盾。关键环境问题是家畜排泄物污染和温室气体排放<sup>[34]</sup>。解决问题的途径就是加强草畜耦合,培育更优质的牧草与家畜品种,发展更有效的系统管理技术,建立更完善的草地农业系统<sup>[35]</sup>。它自然具有生态与生产兼备的功能,能够把人类送入更高的文明境界。

### 参考文献

- [1] Hou F J, Nan Z B, Xie Y Z, *et al.* Integrated crop-livestock production systems in China [J]. The Rangeland Journal, 2008, 30(2): 221-231.
- [2] 侯扶琴, 徐磊, 侯扶江. 近50年全球家畜生产分析[J]. 草业科学, 2010, 27(1): 130-135.
- [3] Diamond J. Location, location, location; the first farmers [J]. Science, 1997, 278: 1243-1244.
- [4] 任继周, 侯扶江. 草业科学框架纲要[J]. 草业学报, 2004, 13(4): 1-6.
- [5] 任继周. 草业大辞典[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [6] 洪绂曾. 现代农业是大农业[J]. 草业科学, 2007, 24(4): 1-2.
- [7] 张立中, 辛国昌. 澳大利亚、新西兰草原畜牧业的发展经验[J]. 世界农业, 2008(4): 22-24.
- [8] 王思明. 中国近代农业生产结构的变化及其动因分

- 析[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2001, 1(1): 91-100.
- [9] 苏志彪, 张瑞霞, 牛敏, 等. 围绕奶业产业化加快优质饲料农作物及牧草基地的建设[J]. 现代农业, 2003(11): 32-33.
- [10] 朱丕荣. 世界畜牧业发展趋向[J]. 农业展望, 2006(6): 19-21.
- [11] 任继周, 朱兴运. 农业生态生产力及其生产势兼论“有动物农业”的重要意义[J]. 草业学报, 1995, 4(2): 1-5.
- [12] Brookfield H, Stocking M. Agrobiodiversity: Definition, description and design[J]. Global environmental Change, 1999(9): 77-80.
- [13] Buttler S J, Vickery J A, Norris K. Farmland biodiversity and the footprint of agriculture[J]. Science, 2007, 315: 381-384.
- [14] Entz M H, Bellotti W D, Powell J M, *et al.* Evolution of integrated crop-livestock production systems[A]. In: McGilgillway D A. Grassland: A global resource[C]. Wageningen: Wageningen Academic Publications, 2005: 137-148.
- [15] 任继周, 侯扶江, 张自和. 发展草地农业推进我国西部可持续发展[J]. 地球科学进展, 2000, 15(1): 19-24.
- [16] 任继周, 侯扶江. 草地农业系统是食品安全的重要保证——关于“三聚氰胺奶粉”事件的反思[J]. 草业科学, 2009, 26(8): 6-9.
- [17] 任继周. 从“澳大利亚式敬礼”说到沼气[J]. 草业科学, 2004, 21(2): 57-58.
- [18] 任继周, 贺达汉, 王宁, 等. 荒漠—绿洲草地农业系统的耦合与模型[J]. 草业学报, 1995, 4(2): 11-19.
- [19] 侯扶江, 南志标, 任继周. 作物—家畜综合生产系统[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 211-234.
- [20] 李文华. 生态农业, 中国可持续农业的理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [21] 徐磊, 侯扶江. 以草地农业系统观分析猪肉价格问题[J]. 草业科学, 2010, 27(6): 123-128.
- [22] Hermansen J E. Organic livestock production systems and appropriate development in relation to public expectations[J]. Livestock Production Science, 2003, 80: 3-15.
- [23] Jayanthi C, Balusamy M, Chinnusamy C, *et al.* Inte-

- grated nutrient supply system of linked components in lowland integrated farming system[J]. Indian Journal of Agronomy, 2003, 48(4): 241-246.
- [24] 任继周. 草地—肉牛生产线[J]. 草业科学, 2003, 20(10): 64.
- [25] Wilkins R J. Grassland in the twentieth century[Z]. IGER Innovations, 2000: 25-33.
- [26] Allen V G, Brown P C. Using grazing animals to restore resilience in our agricultural systems[A]. The John M Airy Symposium: Vision for Animal Agriculture and the Environment[C]. Kansas City: Missouri, 2006.
- [27] 任继周, 南志标, 郝敦元. 草业系统中的界面论[J]. 草业学报, 2000, 9(1): 1-8
- [28] McIntire J, Bourzat D, Pingali P. Crop livestock interactions in Sub-Saharan Africa[M]. Washington D C: World Bank, 1992.
- [29] Matson P A, Parton W J, Power A G, *et al.* Agricultural intensification and ecosystem properties [J]. Science, 1997, 277: 504-509.
- [30] 任继周. 羊年谈禁牧[J]. 草业科学, 2003, 20(3): 1-3.
- [31] Hou F J, Nan Z B. Improvements to rangeland-livestock production on the Loess Plateau: A case study of Daliangwa village, Huanxian county[J]. 草业学报, 2006, 15(增刊): 104-110.
- [32] 张富忠, 侯桂凤. 环县草畜产业现状[J]. 草业科学, 2009, 26(4): 159-160.
- [33] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料(2007) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [34] Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, *et al.* Livestock's Long Shadow[M]. Rome: FAO, 2006.
- [35] 任继周. 藏粮于草施行草地农业系统——西部农业结构改革的一种设想 [J]. 草业学报, 2002, 11(3): 1-3.

### Role of animal production in pastoral agriculture ecosystem

HOU Fu-jiang, XU Lei

(Engineering Research Center of Pastoral Agriculture, Ministry of Education;  
Engineering and Technology Research Center of Pastoral Agriculture in Western China,  
Gansu Province; Key Laboratory of Grassland and Agro-ecosystem, Ministry of Agriculture;  
Gansu Grassland Ecological Research Institute; College of Pastoral Agriculture Science and  
Technology, Lanzhou University, Gansu Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** The animal production is one of original components, core productivities and identifying factors in inpastoral agriculture ecosystem, which is one of criteria of agricultural modernization as well. As a coupling system with multi-component and multi-way, animal production system owns multi-function and is a kind of sustainable eco-agriculture system with the controllable resources cycle. Role of animal production in pastoral agricultural system gradually goes forward with devolvement of prat-acultural science, advancement of animal production and social demands, which multi-functionality increases, intensification of technology and management rises and system coupling is strengthened. In spite of that way of system coupling is becoming single, animal production is playing more important roled role for farmers, regions, countries and human beings.

**Key words:** pastoral agro-ecosystem; animal production; paratacultural science; system coupling; agricultural diversity